

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-311573

(P2000-311573A)

(43)公開日 平成12年11月7日(2000.11.7)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 H 59/00

H 0 1 H 59/00

5 G 0 2 3

B 6 2 D 57/00

11/04

G 5 J 0 1 2

H 0 1 H 11/04

H 0 1 P 1/12

H 0 1 P 1/12

B 6 2 D 57/00

B

審査請求 有 請求項の数21 O L (全 17 頁)

(21)出願番号

特願平11-119743

(22)出願日

平成11年4月27日(1999.4.27)

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 丸本 恒久

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74)代理人 100064621

弁理士 山川 政樹

Fターム(参考) 5G023 AA20 CA50

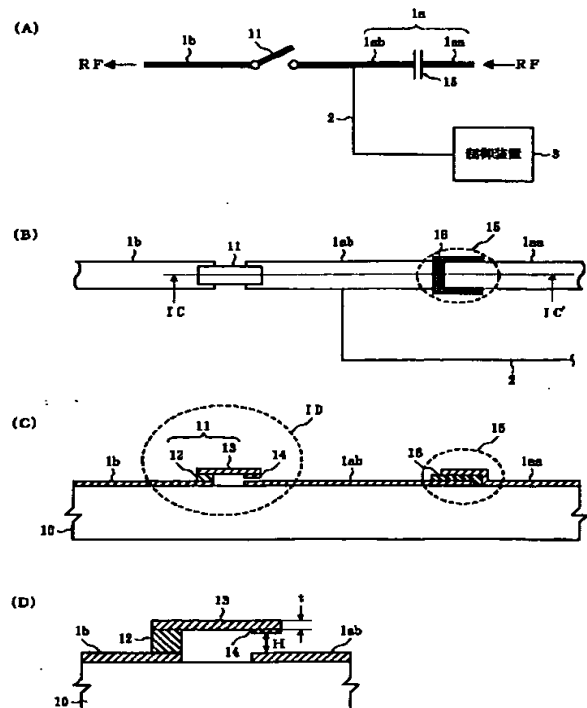
5J012 AA00

(54)【発明の名称】 マイクロマシンスイッチおよびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 簡単な構造のマイクロマシンスイッチを提供する。

【解決手段】 第1および第2の高周波信号線1b, 1aと、第1の高周波信号線1bの端部に固定されるとともに第2の高周波信号線1aの上方まで延在するカンチレバー11と、第2の高周波信号線1aに形成された第1の絶縁手段15と、カンチレバー11と第2の高周波信号線1aとの対向領域に形成された第2の絶縁手段14と、第2の高周波信号線1aの端部と第1の絶縁手段15との間に接続されかつ制御信号を印加する第1の制御信号線2とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に形成されかつ制御信号に基づいて動作するマイクロマシンスイッチにおいて、
各々の端部が離間して配置された第 1 および第 2 の高周波信号線と、

前記第 1 の高周波信号線の端部に固定されるとともに前記第 2 の高周波信号線の上方まで延在しかつ導電性部材を含むカンチレバーと、

前記第 1 または第 2 の高周波信号線に形成された第 1 の絶縁手段と、

前記カンチレバーと前記第 2 の高周波信号線との対向領域に形成された第 2 の絶縁手段と、

前記第 1 の絶縁手段が形成された方の前記第 1 または第 2 の高周波信号線の端部と前記第 1 の絶縁手段との間に接続されかつ直流電圧のレベル変化からなる前記制御信号を印加する第 1 の制御信号線とを備えることを特徴とするマイクロマシンスイッチ。

【請求項 2】 請求項 1 記載のマイクロマシンスイッチにおいて、

前記第 1 の絶縁手段は、キャパシタであることを特徴とするマイクロマシンスイッチ。

【請求項 3】 請求項 1 記載のマイクロマシンスイッチにおいて、

前記第 2 の絶縁手段は、前記カンチレバーの下面および前記第 2 の高周波信号線の上面の少なくとも一方に形成された絶縁膜であることを特徴とするマイクロマシンスイッチ。

【請求項 4】 請求項 1 記載のマイクロマシンスイッチにおいて、

前記第 1 の制御信号線に接続されかつ前記第 1 および第 2 の高周波信号線に流れる高周波信号の通過を阻止する第 1 の高周波信号阻止手段を備えることを特徴とするマイクロマシンスイッチ。

【請求項 5】 請求項 4 記載のマイクロマシンスイッチにおいて、

前記第 1 の高周波信号阻止手段は、

前記第 1 の絶縁手段が形成された方の前記第 1 または第 2 の高周波信号線の端部と前記第 1 の絶縁手段との間に一端が接続されかつ前記高周波信号の波長の約 $1/4$ の線路長で前記第 1 または第 2 の高周波信号線の特性インピーダンスよりも大きな特性インピーダンスを有する高インピーダンス線路と、

前記高インピーダンス線路の他端に一端が接続されるとともに他端が開放されかつ前記高周波信号の波長の約 $1/4$ の線路長で前記高インピーダンス線路の特性インピーダンスよりも小さな特性インピーダンスを有する低インピーダンス線路とからなり、

前記第 1 の制御信号線は、前記高インピーダンス線路の他端に接続されていることを特徴とするマイクロマシンスイッチ。

【請求項 6】 請求項 4 記載のマイクロマシンスイッチにおいて、

前記第 1 の高周波信号阻止手段は、

前記第 1 の絶縁手段が形成された方の前記第 1 または第 2 の高周波信号線の端部と前記第 1 の絶縁手段との間に一端が接続されかつ前記高周波信号の波長の約 $1/4$ の線路長で前記第 1 または第 2 の高周波信号線の特性インピーダンスよりも大きな特性インピーダンスを有する高インピーダンス線路と、

一方の電極が前記高インピーダンス線路の他端に接続されるとともに他方の電極が接地に接続されたキャパシタとからなり、

前記第 1 の制御信号線は、前記高インピーダンス線路の他端に接続されていることを特徴とするマイクロマシンスイッチ。

【請求項 7】 請求項 4 記載のマイクロマシンスイッチにおいて、

前記第 1 の高周波信号阻止手段は、インダクタンス素子からなることを特徴とするマイクロマシンスイッチ。

【請求項 8】 請求項 4 記載のマイクロマシンスイッチにおいて、

前記第 1 の高周波信号阻止手段は、前記第 1 または第 2 の高周波信号線の特性インピーダンスよりも十分大きなインピーダンスを有する抵抗素子からなることを特徴とするマイクロマシンスイッチ。

【請求項 9】 請求項 8 記載のマイクロマシンスイッチにおいて、

前記抵抗素子は、前記第 1 の制御信号線に直列に挿入されていることを特徴とするマイクロマシンスイッチ。

【請求項 10】 請求項 8 記載のマイクロマシンスイッチにおいて、

前記抵抗素子は、一端が前記第 1 の制御信号線に接続されるとともに他端が開放されていることを特徴とするマイクロマシンスイッチ。

【請求項 11】 請求項 1 記載のマイクロマシンスイッチにおいて、

前記第 1 の絶縁手段が形成されていない方の前記第 1 または第 2 の高周波信号線に接続されかつ静電誘導により発生する電荷を充放電する第 2 の制御信号線と、

前記第 2 の制御信号線に接続されかつ前記第 1 および第 2 の高周波信号線に流れる前記高周波信号の通過を阻止する第 2 の高周波信号阻止手段とを備えることを特徴とするマイクロマシンスイッチ。

【請求項 12】 請求項 11 記載のマイクロマシンスイッチにおいて、

前記第 2 の高周波信号阻止手段は、

前記第 1 の絶縁手段が形成されていない方の前記第 1 または第 2 の高周波信号線に一端が接続されかつ前記高周波信号の波長の約 $1/4$ の線路長で前記第 1 または第 2 の高周波信号線の特性インピーダンスよりも大きな特性

インピーダンスを有する高インピーダンス線路と、一端が前記高インピーダンス線路の他端に接続されるとともに他端が開放されかつ前記高周波信号の波長の約 $1/4$ の線路長で前記高インピーダンス線路の特性インピーダンスよりも小さな特性インピーダンスを有する低インピーダンス線路とからなり、前記第2の制御信号線は、前記高インピーダンス線路の他端に接続されていることを特徴とするマイクロマシンスイッチ。

【請求項13】 請求項11記載のマイクロマシンスイッチにおいて、

前記第2の高周波信号阻止手段は、

前記第1の絶縁手段が形成されていない方の前記第1または第2の高周波信号線に一端が接続されかつ前記高周波信号の波長の約 $1/4$ の線路長で前記第1または第2の高周波信号線の特性インピーダンスよりも大きな特性インピーダンスを有する高インピーダンス線路と、一方の電極が前記高インピーダンス線路の他端に接続されるとともに他方の電極が接地に接続されたキャパシタとからなり、

前記第2の制御信号線は、前記高インピーダンス線路の他端に接続されていることを特徴とするマイクロマシンスイッチ。

【請求項14】 請求項11記載のマイクロマシンスイッチにおいて、

前記第2の高周波信号阻止手段は、インダクタンス素子からなることを特徴とするマイクロマシンスイッチ。

【請求項15】 請求項11記載のマイクロマシンスイッチにおいて、

前記第2の高周波信号阻止手段は、前記第1または第2の高周波信号線の特性インピーダンスよりも十分大きなインピーダンスを有する抵抗素子からなることを特徴とするマイクロマシンスイッチ。

【請求項16】 請求項15記載のマイクロマシンスイッチにおいて、

前記抵抗素子は、前記第2の制御信号線に直列に挿入されていることを特徴とするマイクロマシンスイッチ。

【請求項17】 請求項15記載のマイクロマシンスイッチにおいて、

前記抵抗素子は、一端が前記第2の制御信号線に接続されるとともに他端が開放されていることを特徴とするマイクロマシンスイッチ。

【請求項18】 請求項1記載のマイクロマシンスイッチにおいて、

前記第1の絶縁手段が形成された方の前記第1または第2の高周波信号線の端部と前記第1の絶縁手段との間に一端が接続されかつ前記第1または第2の高周波信号の波長の約 $1/4$ の線路長で前記第1または第2の高周波信号線の特性インピーダンスよりも大きな特性インピーダンスを有する第1の高インピーダンス線路と、

前記第1の絶縁手段が形成されていない方の前記第1または第2の高周波信号線に一端が接続されかつ前記第1または第2の高周波信号の波長の約 $1/4$ の線路長で前記第1または第2の高周波信号線の特性インピーダンスよりも大きな特性インピーダンスを有する第2の高インピーダンス線路と、

一方の電極が前記第1の高インピーダンス線路の他端に接続されるとともに他方の電極が前記第2の高インピーダンス線路の他端に接続されたキャパシタとを備え、

前記第1の高インピーダンス線路の他端は、前記第1の制御信号線に接続され、

前記第2の高インピーダンス線路の他端は、接地に接続されていることを特徴とするマイクロマシンスイッチ。

【請求項19】 請求項1記載のマイクロマシンスイッチにおいて、

前記第1の絶縁手段が形成されていない方の前記第1または第2の高周波信号線に形成された第3の絶縁手段と、

前記第3の絶縁手段が形成された方の前記第1または第2の高周波信号線の端部と前記第3の絶縁手段との間に接続されかつ前記制御信号と逆の極性を有する定電圧を印加する第2の制御信号線と、

前記第2の制御信号線に接続されかつ前記第1および第2の高周波信号線に流れる前記高周波信号の通過を阻止する第2の高周波信号阻止手段とを備え、

前記第2および第3の絶縁手段の間の直流電圧レベルが前記定電圧のレベルに保持されることを特徴とするマイクロマシンスイッチ。

【請求項20】 基板上に第1の高周波信号線と、一端が前記第1の高周波信号線の端部と離間する第3の高周波信号線と、前記第3の高周波信号線に接続された制御信号線とを形成する第1の工程と、

少なくとも前記第1および第3の高周波信号線の隙間から前記第3の高周波信号線の一端にかけての領域上に犠牲層を形成する第2の工程と、

前記犠牲層上における前記第3の高周波信号線の一端と対向する部分に第1の絶縁膜を形成するとともに、前記第3の高周波信号線の他端に第2の絶縁膜を形成する第3の工程と、

前記第1の高周波信号線の端部から前記犠牲層上の前記第1の絶縁膜に至る部分に金属からなるカンチレバーを形成するとともに、前記第2の絶縁膜上から前記基板上に第4の高周波信号線を形成する第4の工程と、前記犠牲層を除去する第5の工程とを備えることを特徴とするマイクロマシンスイッチの製造方法。

【請求項21】 基板上に第5の高周波信号線と、端部が前記第5の高周波信号線の一端と離間する第2の高周波信号線と、前記第5の高周波信号線に接続された制御信号線とを形成する第1の工程と、

少なくとも前記第5および第2の高周波信号線の隙間か

ら前記第2の高周波信号線の端部にかけての領域上に犠牲層を形成する第2の工程と、

前記犠牲層上における前記第2の高周波信号線の端部と対向する部分に第1の絶縁膜を形成するとともに、前記第5の高周波信号線他端に第2の絶縁膜を形成する第3の工程と、

前記第5の高周波信号線の一端から前記犠牲層上の前記第1の絶縁膜に至る部分に金属からなるカンチレバーを形成するとともに、前記第2の絶縁膜上から前記基板上に第6の高周波信号線を形成する第4の工程と、

前記犠牲層を除去する第5の工程とを備えることを特徴とするマイクロマシンスイッチの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ミリ波回路およびマイクロ波回路で使用されるマイクロマシンスイッチに関する。

【0002】

【従来の技術】ミリ波回路およびマイクロ波回路で使用されるスイッチ素子には、PINダイオードスイッチ、HEMTスイッチ、マイクロマシンスイッチなどがある。なかでもマイクロマシンスイッチは、他の素子に比べて損失が少なく、低コスト・低消費電力であるという特徴を有している。従来のマイクロマシンスイッチとして、例えば特開平9-17300号公報記載のものがある。図22はこのマイクロマシンスイッチの構成図であり、図22(A)は平面図、図22(B)は図22

(A)におけるXXIIB-XXIIB'線方向の断面図、図22(C)は図22(A)におけるXXIIC-XXIIC'線方向の断面図、図22(D)は図22(A)におけるXXIID-XXIID'線方向の断面図である。

【0003】図22に示すように、高周波信号線101a、101bは僅かな隙間を有して、基板110上に形成されている。高周波信号線101a、101bと離間する基板110上の位置に、下部電極111が形成されている。また、高周波信号線101a、101bの隙間から下部電極111への延長線上にあたる基板110上の位置に、ポスト112が形成されている。

【0004】ポスト112の上面にはアーム113の基部が固定されている。このアーム113は、ポスト112の上から下部電極111の上方を経て、高周波信号線101a、101bの隙間上方まで延在している。アーム113は絶縁部材により形成される。アーム113の上面には上部電極114が形成されている。この上部電極114は、ポスト112上から下部電極111上にかけて延在している。アーム113の先端部下面には、コンタクト115が形成されている。コンタクト115は、高周波信号線101aの端部上方から、隙間をまたいで、高周波信号線101bの端部上方まで形成されている。

【0005】さらに、下部電極111には制御信号線102が接続されている。下部電極111にはこの制御信号線102より、高周波信号線101a、101bの接続状態を切り換える制御信号が印加される。

【0006】下部電極111に制御信号として電圧が印加される場合、例えば正の電圧が印加されると、下部電極111の表面に正電荷が発生するとともに、対向する上部電極114の下面に静電誘導により負電荷が現れ、両者間の吸引力により上部電極114は下部電極111側に引き寄せられる。これによりアーム113が湾曲して、コンタクト115が下方に変位する。そして、コンタクト115が高周波信号線101a、101bの両方に接触すると、高周波信号線101a、101bはコンタクト115を介して高周波的に接続される。また、下部電極111への正の電圧の印加が停止されると、吸引力がなくなるので、アーム113の復元力によりコンタクト115は元の離間した位置に戻る。これにより、高周波信号線101a、101bが開放される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図22に示した従来のマイクロマシンスイッチは、高周波信号線101a、101b間を接続／開放するコンタクト115以外に、コンタクト115を支持するためにポスト112とアーム113が必要であり、コンタクト115の変位を制御するために更に下部電極111と上部電極114が必要であり、立体構造が複雑であった。このような複雑な構造のマイクロマシンスイッチを製造するためには多くの工程が必要であり、製造プロセスが複雑であった。

【0008】本発明はこのような課題を解決するためになされたものであり、その目的は、簡単な構造のマイクロマシンスイッチを提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明のマイクロマシンスイッチは、各々の端部が離間して配置された第1および第2の高周波信号線と、第1の高周波信号線の端部に固定されるとともに第2の高周波信号線の上方面で延在しかつ導電性部材を含むカンチレバーと、第1または第2の高周波信号線に形成された第1の絶縁手段と、カンチレバーと第2の高周波信号線との対向領域に形成された第2の絶縁手段と、第1の絶縁手段が形成された方の第1または第2の高周波信号線の端部と第1の絶縁手段との間に接続されかつ直流電圧のレベル変化からなる制御信号を印加する第1の制御信号線とを備えることを特徴とする。この場合、第1の絶縁手段の一構成例は、キャパシタである。また、第2の絶縁手段の一構成例は、カンチレバーの下面および第2の高周波信号線の上面の少なくとも一方に形成された絶縁膜である。

【0010】上記のカンチレバーは可動接点としての機

能と、可動接点の支持手段としての機能とを兼ね備えている。したがって、このカンチレバーは機能的に見て従来のマイクロマシンスイッチにおけるコンタクト 115 とアーム 113 とポスト 112 とに相当するが、前者は後者に比べて簡単な構造をしている。また、制御信号を第 1 または第 2 の高周波信号線に印加してカンチレバーの動作を制御するようにしたので、従来必要であった下部電極 111 および上部電極 114 は不要となり、この点でも構造が簡単になる。その一方で本発明では第 1 または第 2 の高周波信号線に形成される第 1 の絶縁手段と、容量結合用の第 2 の絶縁手段とが必須要件となるが、本発明によりマイクロマシンスイッチの構造は全体として簡単になる。

【0011】また、上記したマイクロマシンスイッチは、第 1 の制御信号線に接続されかつ第 1 および第 2 の高周波信号線に流れる高周波信号の通過を阻止する第 1 の高周波信号阻止手段を更に備えるようにしてもよい。この場合、第 1 の高周波信号阻止手段の第 1 構成例は、第 1 の絶縁手段が形成された方の第 1 または第 2 の高周波信号線の端部と第 1 の絶縁手段との間に一端が接続されかつ高周波信号の波長の約 $1/4$ の線路長で第 1 または第 2 の高周波信号線特性インピーダンスよりも大きな特性インピーダンスを有する高インピーダンス線路と、高インピーダンス線路の他端に一端が接続されるとともに他端が開放されかつ高周波信号の波長の約 $1/4$ の線路長で高インピーダンス線路特性インピーダンスよりも小さな特性インピーダンスを有する低インピーダンス線路とからなり、第 1 の制御信号線は、高インピーダンス線路の他端に接続されている。また、第 1 の高周波信号阻止手段の第 2 構成例は、第 1 の絶縁手段が形成された方の第 1 または第 2 の高周波信号線の端部と第 1 の絶縁手段との間に一端が接続されかつ高周波信号の波長の約 $1/4$ の線路長で第 1 または第 2 の高周波信号線特性インピーダンスよりも大きな特性インピーダンスを有する高インピーダンス線路と、一方の電極が高インピーダンス線路の他端に接続されるとともに他方の電極が接地に接続されたキャパシタとからなり、第 1 の制御信号線は、高インピーダンス線路の他端に接続されている。また、第 1 の高周波信号阻止手段の第 3 構成例は、インダクタンス素子からなる。また、第 1 の高周波信号阻止手段の第 4 構成例は、第 1 または第 2 の高周波信号線特性インピーダンスよりも十分大きなインピーダンスを有する抵抗素子からなる。この場合、抵抗素子は、第 1 の制御信号線に直列に挿入されていてもよい。あるいは、抵抗素子は、一端が第 1 の制御信号線に接続されるとともに他端が開放されていてもよい。

【0012】このように第 1 の制御信号線に上記のような第 1 の高周波信号阻止手段を設けることにより、第 1 の制御信号線への高周波信号の漏洩を防止できる。

【0013】また、上記したマイクロマシンスイッチ

は、第 1 の絶縁手段が形成されていない方の第 1 または第 2 の高周波信号線に接続されかつ静電誘導により発生する電荷を充放電する第 2 の制御信号線と、第 2 の制御信号線に接続されかつ第 1 および第 2 の高周波信号線に流れる高周波信号の通過を阻止する第 2 の高周波信号阻止手段とを更に備えていてもよい。この場合、第 2 の高周波信号阻止手段の第 1 構成例は、第 1 の絶縁手段が形成されていない方の第 1 または第 2 の高周波信号線に一端が接続されかつ高周波信号の波長の約 $1/4$ の線路長で第 1 または第 2 の高周波信号線特性インピーダンスよりも大きな特性インピーダンスを有する高インピーダンス線路と、一端が高インピーダンス線路の他端に接続されるとともに他端が開放されかつ高周波信号の波長の約 $1/4$ の線路長で高インピーダンス線路特性インピーダンスよりも小さな特性インピーダンスを有する低インピーダンス線路とからなり、第 2 の制御信号線は、高インピーダンス線路の他端に接続されている。また、第 2 の高周波信号阻止手段の第 2 構成例は、第 1 の絶縁手段が形成されていない方の第 1 または第 2 の高周波信号線に一端が接続されかつ高周波信号の波長の約 $1/4$ の線路長で第 1 または第 2 の高周波信号線特性インピーダンスよりも大きな特性インピーダンスを有する高インピーダンス線路と、一方の電極が高インピーダンス線路の他端に接続されるとともに他方の電極が接地に接続されたキャパシタとからなり、第 2 の制御信号線は、高インピーダンス線路の他端に接続されている。また、第 2 の高周波信号阻止手段の第 3 構成例は、インダクタンス素子からなる。また、第 2 の高周波信号阻止手段の第 4 構成例は、第 1 または第 2 の高周波信号線特性インピーダンスよりも十分大きなインピーダンスを有する抵抗素子からなる。この場合、抵抗素子は、第 2 の制御信号線に直列に挿入されていてもよい。あるいは、抵抗素子は、一端が第 2 の制御信号線に接続されるとともに他端が開放されていてもよい。

【0014】このように、静電誘導により発生する電荷が第 2 の制御信号線を介して充放電されることにより、スイッチング動作が安定するとともに、スイッチング速度が速くなる。また、第 2 の制御信号線に上記のような第 2 の高周波信号阻止手段を設けることにより、第 2 の制御信号線への高周波信号の漏洩を防止できる。

【0015】また、上記したマイクロマシンスイッチは、第 1 の絶縁手段が形成された方の第 1 または第 2 の高周波信号線の端部と第 1 の絶縁手段との間に一端が接続されかつ第 1 または第 2 の高周波信号の波長の約 $1/4$ の線路長で第 1 または第 2 の高周波信号線特性インピーダンスよりも大きな特性インピーダンスを有する第 1 の高インピーダンス線路と、第 1 の絶縁手段が形成されていない方の第 1 または第 2 の高周波信号線に一端が接続されかつ第 1 または第 2 の高周波信号の波長の約 $1/4$ の線路長で第 1 または第 2 の高周波信号線特性イ

ンピーダンスよりも大きな特性インピーダンスを有する第2の高インピーダンス線路と、一方の電極が第1の高インピーダンス線路の他端に接続されるとともに他方の電極が第2の高インピーダンス線路の他端に接続されたキャパシタとを更に備え、第1の高インピーダンス線路の他端は、第1の制御信号線に接続され、第2の高インピーダンス線路の他端は、接地に接続されていてもよい。

【0016】この構成において、第1の高インピーダンス線路と、キャパシタと、接地とにより第1の高周波信号阻止手段が構成される。また、第2の高インピーダンス線路を接地に接続することにより第2の高周波信号阻止手段が構成される。

【0017】また、上記したマイクロマシンスイッチは、第1の絶縁手段が形成されていない方の第1または第2の高周波信号線に形成された第3の絶縁手段と、第3の絶縁手段が形成された方の第1または第2の高周波信号線の端部と第3の絶縁手段との間に接続されかつ制御信号と逆の極性を有する定電圧を印加する第2の制御信号線と、第2の制御信号線に接続されかつ第1および第2の高周波信号線に流れる高周波信号の通過を阻止する第2の高周波信号阻止手段とを更に備え、第2および第3の絶縁手段の間の直流電圧レベルが定電圧のレベルに保持されている。

【0018】このように、制御信号が印加されない方の高周波信号線に予め所定の電圧をかけておけば、そのぶん制御信号の電圧の大きさを小さくできる。

【0019】また、本発明のマイクロマシンスイッチの製造方法は、基板上に第1の高周波信号線と、一端が第1の高周波信号線の端部と離間する第3の高周波信号線と、第3の高周波信号線に接続された制御信号線とを形成する第1の工程と、少なくとも第1および第3の高周波信号線の隙間から第3の高周波信号線の一端にかけての領域上に犠牲層を形成する第2の工程と、犠牲層上における第3の高周波信号線の一端と対向する部分に第1の絶縁膜を形成するとともに、第3の高周波信号線の他端に第2の絶縁膜を形成する第3の工程と、第1の高周波信号線の端部から犠牲層上の第1の絶縁膜に至る部分に金属からなるカンチレバーを形成するとともに、第2の絶縁膜上から基板上に第4の高周波信号線を形成する第4の工程と、犠牲層を除去する第5の工程とを備えることを特徴とする。あるいは、基板上に第5の高周波信号線と、端部が第5の高周波信号線の一端と離間する第2の高周波信号線と、第5の高周波信号線に接続された制御信号線とを形成する第1の工程と、少なくとも第5および第2の高周波信号線の隙間から第2の高周波信号線の端部にかけての領域上に犠牲層を形成する第2の工程と、犠牲層上における第2の高周波信号線の端部と対向する部分に第1の絶縁膜を形成するとともに、第5の高周波信号線の他端に第2の絶縁膜を形成する第3の工

程と、第5の高周波信号線の一端から犠牲層上の第1の絶縁膜に至る部分に金属からなるカンチレバーを形成するとともに、第2の絶縁膜上から基板上に第6の高周波信号線を形成する第4の工程と、犠牲層を除去する第5の工程とを備えることを特徴とする。

【0020】これにより、少ない工程で上記したマイクロマシンスイッチを製造できる。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

（第1の実施の形態）図1は本発明によるマイクロマシンスイッチの第1の実施の形態を示す図であり、図1

（A）は回路図、図1（B）は平面図、図1（C）は図1（B）におけるIC-IC'線方向の断面図、図1

（D）は図1（C）におけるID部の拡大断面図である。

【0022】図1に示すように、高周波信号線1a, 1bは僅かな隙間を有して、基板10上に形成されている（図1では、1bを第1の高周波信号線、1aを第2の高周波信号線とする）。高周波信号線1a, 1bは、例えばA1などの金属からなるマイクロストリップ線路により形成される。なお、高周波信号線1a, 1bはコープレーナ線路、トリプレート線路およびスロット線路などの他の分布定数線路により形成されてもよい。

【0023】ただし、高周波信号線1aはキャパシタ15を介して高周波的に接続される高周波信号線1aaと1abとからなる。キャパシタ15は例えば高周波信号線1aaと1abとを上下に重ね合わせ、その間にSiO₂などの絶縁膜16を介挿することにより構成される。このキャパシタ15は、高周波信号線1aaに接続された他のマイクロ波回路（図示せず）を高周波信号線1abから直流的に絶縁する第1の絶縁手段としての機能を有している。したがって、高周波信号線1aaに接続された他のマイクロ波回路に含まれる結合コンデンサなどを、第1の絶縁手段として利用してもよい。

【0024】また、高周波信号線1aが開放されており、他のマイクロ波回路に接続されていなければキャパシタ15は不要であり、この場合の高周波信号線1aの開放端は前記した第1の絶縁手段に含まれる。また、基板10には例えばガラス基板などの誘電体基板、またはSi, GaAs基板などの半導体基板が使用される。

【0025】高周波信号線1bの端部には、A1などの導電性部材を含むポスト12が形成されている。さらにポスト12の上面にはアーム13の基部が固定されている。このアーム13は、ポスト12の上面から高周波信号線1ab端部の上方まで延在している。アーム13は、導電性を有し、かつ一度湾曲しても元の形状に復元するような材料で形成される。例えば、Al, Au, Cuなどで形成される。また、ボロンなどを拡散して導電性をもたせたシリコン（アモルファスシリコン）などを

用いてもよい。なお、ポスト 12 とアーム 13 とを合わせてカンチレバー 11 と呼ぶ。

【0026】ポスト 12 およびアーム 13 は、図 4、5 を用いて後述するように、同一材料による単一部材としてカンチレバー 11 を構成してもよい。また逆に、図 1 (C)、(D) に示すように、ポスト 12 とアーム 13 とが同一材料により構成されている必要はない。さらに、ポスト 12 およびアーム 13 の各々も必ずしも単一の材料のみで形成されている必要はなく、複数の材料により形成されていてもよい。またこの場合、複数の材料のすべてが導電性を有している必要もなく、絶縁体が一部に含まれていてもかまわない。例えば、アーム 13 が強度上の理由等により Al などの導体と SiO₂ などの絶縁体とが積層された 2 層構造となってもよいし、ポスト 12 も高周波信号の伝搬を妨げない程度に絶縁体を含んでいてもよい。

【0027】アーム 13 の先端部下面、すなわち高周波信号線 1 a b と対向する部分には第 2 の絶縁手段として、SiO₂ などの絶縁膜 14 が形成されている。アーム 13 はポスト 12 により所定の高さを与えられており、アーム 13 に取り付けられた絶縁膜 14 は通常、高周波信号線 1 a b と離間している。逆に言えば、絶縁膜 14 と高周波信号線 1 a b とが通常離間するように、ポスト 13 の高さが決められる。

【0028】第 2 の絶縁手段は、高周波信号線 1 a, 1 b の導通時にキャパシタ 15 とともに、高周波信号線 1 a b の電圧レベルを後述する制御信号の電圧レベルに保持するためのものである。したがって、第 2 の絶縁手段として図 2 に示すような、高周波信号線 1 a b の端部上面に形成された絶縁膜 14 a を用いてもよい。また、絶縁膜 14 と 14 a とを組み合わせて、第 2 の絶縁手段としてもよい。なお、高周波信号線 1 a b の電圧レベルが制御信号の電圧レベルに完全一致している必要はなく、カンチレバー 11 が制御信号に基づいて動作できる程度に高周波信号線 1 a b の電圧レベルが保持されればよい。

【0029】図 1 (A) に示すように、高周波信号線 1 a b には第 1 の制御信号線 2 を介して制御装置 3 が接続されている。制御装置 3 は直流電圧のレベル変化からなる制御信号を出力するものである。後述するように、この制御信号に基づき高周波信号線 1 a, 1 b の接続状態が切り換えられる。

【0030】次に、図 1 に示したマイクロマシンスイッチの動作を説明する。ただし、制御信号は正の電圧の ON/OFF からなるものとする。前述したとおり、通常時、アーム 13 先端の絶縁膜 14 は高周波信号線 1 a b と離間しているため、高周波信号線 1 a b, 1 b の高周波接続が開放されている。

【0031】このとき、制御装置 3 から第 1 の制御信号線 2 を介して高周波信号線 1 a b に正の電圧が印加され

ると、高周波信号線 1 a b の表面に正電荷が発生するとともに、対向するアーム 13 の先端部下面に静電誘導により負電荷が現れ、両者間に吸引力が発生する。この力によりアーム 13 は基板 10 側に湾曲して、アーム 13 の先端部に形成された絶縁膜 14 が高周波信号線 1 a b と接触すると、容量結合により高周波信号線 1 a b と 1 b とが高周波的に接続される。高周波信号線 1 a a と 1 a b も容量結合により高周波的に接続されているので、高周波信号線 1 a a から高周波信号線 1 b へ高周波信号 RF が低損失で流れる。

【0032】このとき、絶縁膜 16, 14 により高周波信号線 1 a b は高周波信号線 1 a a, 1 b、さらには高周波信号線 1 a a, 1 b に接続された他のマイクロ波回路（図示せず）と直流および低周波的に絶縁されている。このため、高周波信号線 1 a b に与えられた制御信号が他のマイクロ波回路へ漏れることはなく、高周波信号線 1 a b の直流電圧レベルは保持される。一方、高周波信号線 1 a b への電圧の印加が停止されると、高周波信号線 1 a b とアーム 13 との吸引力がなくなる。このため、アーム 13 は元の形状に戻るため、再び絶縁膜 14 は高周波信号線 1 a b と離間する。これにより、高周波信号線 1 a, 1 b の高周波接続が開放される。

【0033】なお、高周波信号線 1 a b は制御信号の電圧レベルを保持する構成を有していればよく、図 3 に示すように高周波信号線 1 a b の途中で別のマイクロ波回路 91 が接続されていてもよい。

【0034】次に、図 1 (D) を参照して、マイクロマシンスイッチの各部の寸法の一例を示す。ここで、アーム 13 は Al で形成され、制御信号として 40 V の電圧が印加されるものとする。まず、アーム 13 の強度の関係上、所望のパネ定数を得るために、アーム 13 の厚み t は 0.5 μ m 程度に決められる。また、高周波信号線 1 a b の上面からアーム 13 に形成された絶縁膜 14 までの通常時の高さ H は 5 μ m 程度である。さらに、高周波信号線 1 a b とアーム 13 との対向面積は 0.01 mm² 程度である。このように諸寸法を設定することにより、前述したように動作するマイクロマシンスイッチを実現できる。なお、ここで挙げた各部の寸法はあくまで例示であって、これに限定されるものではない。

【0035】次に、図 1 に示したマイクロマシンスイッチの製造方法について説明する。図 4 および図 5 はこのマイクロマシンスイッチを製造する際の主要な工程を示す断面図である。まず、基板 10 上にフォトリソグラフィ技術でパターンニングし、所定の位置に溝 21 a を備えたレジストパターン 21 を形成する。なお、図 4 (A) には後の工程で高周波信号線 1 a b, 1 b が形成される部分の溝 21 a が示されているが、第 1 の制御信号線 2 が形成される部分にも溝が形成されている。

【0036】次に、図 4 (B) に示すように、基板 10

上の全域にスパッタ法でA1などからなる金属膜22を形成する。そして、有機溶剤などに溶解させる方法などによりレジストパターン21を除去することで、レジストパターン21上の金属膜22を選択的に除去（リフトオフ）し、図4（C）に示すように基板10上に高周波信号線1a b, 1bを形成する。図示しないが、このとき、高周波信号線1a bに接続された第1の制御信号線2も形成される。

【0037】次に、図4（D）に示すように、感光性を有するポリイミドを塗布して乾燥させ、基板10上の全域に膜厚5～6 μ m程度の犠牲層23を形成する。そして、公知のフォトリソグラフィ技術を用いて図4（E）に示すように犠牲層23をパターンニングし、高周波信号線1a b, 1bの隙間から高周波信号線1a bの一端（高周波信号線1b側の端部）にかけて（すなわち、図1に示したアーム13が形成される部分）の犠牲層23を残して、不要部分を除去する。なお、図4（E）では、高周波信号線1bの端部を除く部分にも犠牲層23を残してある。ここで、200～300℃に加熱して、残された犠牲層23を硬化させる。

【0038】次に、図5（A）に示すように、基板10上の全域にCVD法またはスパッタ法などの手段によりSiO₂を堆積して、膜厚0.01～0.3 μ m程度の絶縁膜24を形成する。そして、公知のフォトリソグラフィ技術とエッチング技術を用いて、所定の箇所を残して絶縁膜24を除去する。こうして、図5（B）に示すように、犠牲層23上における高周波信号線1bの一端と対向する部分に絶縁膜（第1の絶縁膜）14を形成し、高周波信号線1bの他端に絶縁膜（第2の絶縁膜）16を形成する。なお、ここで使用されたフォトレジストはアルカリ溶剤で除去される。

【0039】次に、図5（C）に示すように、高周波信号線1bの端部から犠牲層14上の絶縁膜13まで至る部分にA1などからなるカンチレバー11を、また絶縁膜16上から基板10上をはうようにA1などからなる高周波信号線1a aを、リフトオフ法を用いて同時に形成する。最後に、酸素ガスのプラズマを用いたドライエッチング法で、図5（D）に示すように、犠牲層23のみを選択的に除去することにより、マイクロマシンスイッチが完成する（なお、図4および図5では、1bを第1の高周波信号線、1a bを第3の高周波信号線、1a aを第4の高周波信号線とする）。ここではカンチレバー11を構成するポスト12とアーム13とを同一工程で形成する方法を示したが、もちろん、ポスト12とアーム13とを別々の工程で形成してもよい。

【0040】ここで、図1に示したマイクロマシンスイッチと図22に示した従来のマイクロマシンスイッチの構成を対比する。まず、図1に示したカンチレバー11は可動接点としての機能と、可動接点の支持手段としての機能とを兼ね備えている。したがって、カンチレバー

11は機能的にみて図22に示したコンタクト115とアーム113とポスト112とに相当するが、前者は後者に比べて簡単な構造をしている。また、カンチレバー11はポスト12とアーム13とにより構成されるが、図5（C）で示したようにポスト12とアーム13とは同一工程で形成できるので、カンチレバー11の形成は極めて容易である。

【0041】また、図1に示したマイクロマシンスイッチでは、制御信号を高周波信号線1a bに印加してカンチレバー11の動作を制御するようにしたので、従来必要であった下部電極111および上部電極114は不要となり、この点でも構造が簡単になる。その一方で、高周波信号線1a bを他のマイクロ波回路と直流的に絶縁するために絶縁膜14, 16が必要になるが、従来のマイクロマシンスイッチでも容量結合形の場合にはコンタクト115の下面に絶縁膜を形成する必要がある。また、図5（B）,（C）で示したように、絶縁膜16を絶縁膜14と同一工程で形成でき、また高周波信号線1a aをカンチレバー11と同一工程で形成できるので、製造工程が複雑になるわけではない。以上のように、本発明によれば簡単な構造のため容易に製造できるマイクロマシンスイッチを実現できる。

【0042】なお、図1～図5ではカンチレバー11の高周波信号線1b側が固定された構造となっているが、図6に示すように、逆にカンチレバー11の高周波信号線1a側が固定された構造となってもよい。この場合も第1の制御信号線2は高周波信号線1a bに接続される。したがって、制御信号としての電圧はカンチレバー11に印加されるが、図1と同様の動作原理で高周波信号線1a, 1bを開閉することができる。また、図6に示したマイクロマシンスイッチは、図4, 図5と同様の工程を経て製造することができる（なお、図6では、1aを第1の高周波信号線、1bを第2の高周波信号線、1a bを第5の高周波信号線、1a aを第6の高周波信号線とする）。

【0043】（第2の実施の形態）図7は本発明によるマイクロマシンスイッチの第2の実施の形態の構成を示す回路図である。図7において図1と同一部分には同一符号を付し、その説明を適宜省略する。図7に示したマイクロマシンスイッチは、図1に示したマイクロマシンスイッチの第1の制御信号線2に第1の高周波信号阻止手段4が接続されている。第1の高周波信号阻止手段4は、高周波信号RFの通過を阻止するものである。したがって、高周波信号線1a, 1bに流れる高周波信号RFの制御装置3への流入を阻止でき、マイクロマシンスイッチの挿入損失を低減できる。

【0044】また、図1に示したマイクロマシンスイッチでは、第1の制御信号線2の配置によっては、第1の制御信号線2から漏洩した電力が他の高周波信号線へ結合して、回路全体の特性に悪影響を及ぼしたり、共振の

原因になるおそれがあった。しかし、第1の制御信号線2に第1の高周波信号阻止手段4を接続することにより、第1の制御信号線2から他の高周波信号線への電磁的結合を防止できるので、マイクロマシンスイッチが使用される回路の高周波特性を改善できる。

【0045】次に、図8～図12を用いて、図7における第1の高周波信号阻止手段4の構成例について説明する。まず、第1の高周波信号阻止手段4の第1構成例について説明する。図8はこの第1構成例を示す図であり、図8(A)は回路図、図8(B)は平面図である。第1の高周波信号阻止手段4の第1構成例は、高インピーダンス $\lambda/4$ 線路31と低インピーダンス $\lambda/4$ 線路32とにより構成されるフィルタ30である。高インピーダンス $\lambda/4$ 線路31は、線路長が約 $\lambda/4$ (λ は高周波信号RFの波長)であり、高周波信号線1a, 1bよりも大きな特性インピーダンスを有している。また、低インピーダンス $\lambda/4$ 線路32は、線路長が約 $\lambda/4$ であり、高インピーダンス $\lambda/4$ 線路31よりも小さな特性インピーダンスを有している。

【0046】これらの線路31, 32の特性インピーダンスの値は、高周波信号線1a, 1bの特性インピーダンスに応じて決められ、例えば高周波信号線1a, 1bの特性が一般的な 50Ω であれば、高インピーダンス $\lambda/4$ 線路31の特性インピーダンスは概ね $70\sim 200\Omega$ (すなわち、高周波信号線1a, 1bの特性インピーダンスの1.4～4倍)程度、低インピーダンス $\lambda/4$ 線路32の特性インピーダンスは概ね $20\sim 40\Omega$ (すなわち、高周波信号線1a, 1bの特性インピーダンスの0.4～0.8倍)程度であることが望ましい。

【0047】高インピーダンス $\lambda/4$ 線路31の一端は高周波信号線1a bに接続され、他端は低インピーダンス $\lambda/4$ 線路32の一端に接続される。低インピーダンス $\lambda/4$ 線路32の他端は開放されている。さらに、高インピーダンス $\lambda/4$ 線路31の他端 (すなわち、線路31と32の接続点33) には、高インピーダンスの第1の制御信号線2が接続される。

【0048】以下、このフィルタ30の動作原理を簡単に説明する。上述したように、低インピーダンス $\lambda/4$ 線路32の他端は開放されている。このため、この他端より $\lambda/4$ 経た接続点33から低インピーダンス $\lambda/4$ 線路32側をみたときのインピーダンスは 0Ω となるので、接続点33で高周波的に接地されている状態と等価となる。したがって、この接続点33に第1の制御信号線2を並列に接続しても、接続点33でのインピーダンスは 0Ω のままであり、高周波の振る舞いに影響を与えない。

【0049】さらに、高周波信号線1a bは接続点33から線路長 $\lambda/4$ の高インピーダンス $\lambda/4$ 線路32を経て接続されているので、高周波信号線1a bからフィルタ30側をみたときのインピーダンスは無有限大 (∞

Ω) となる。したがって、高周波信号線1a bからフィルタ30側には高周波は流れないので、高周波的にはフィルタ30と第1の制御信号線2とがない状態と等価となる。ここで説明したフィルタ30の構成は、一般にバイアスティーと呼ばれているが、特定の周波数帯のみ遮断するので、一種の帯域阻止フィルタとして動作する。

【0050】次に、第1の高周波信号阻止手段4の第2構成例について説明する。図9はこの第2構成例を示す図であり、図9(A)は回路図、図9(B)は平面図である。第1の高周波信号阻止手段4の第2構成例は、高インピーダンス $\lambda/4$ 線路41と、キャパシタ42と、接地43とにより構成されるフィルタ40である。図9(A)に示すように、高インピーダンス $\lambda/4$ 線路41の一端は高周波信号線1a bに接続され、他端はキャパシタ42の一方の電極に接続される。また、このキャパシタ42の他方の電極は接地43に接続される。さらに、高インピーダンス $\lambda/4$ 線路41が接続されるキャパシタ42の一方の電極には、第1の制御信号線2が接続される。

【0051】キャパシタ42は図9(B)に示すように、前記一方の電極となる電極44と、前記他方の電極となる接地された電極43aと、電極44, 43a間に介挿された絶縁膜45とにより構成できる。高インピーダンス $\lambda/4$ 線路41は、特性インピーダンスが高く、線路長が約 $\lambda/4$ (λ は高周波信号RFの波長)である。高インピーダンス $\lambda/4$ 線路41の特性インピーダンスの値は、図8における高インピーダンス $\lambda/4$ 線路31と同様に決められる。

【0052】以下、このフィルタ40の動作原理を簡単に説明する。キャパシタ42は十分な容量を有しており、高インピーダンス $\lambda/4$ 線路41とキャパシタ42との接続点は高周波的に接地されているのと等価となり、インピーダンスは 0Ω となる。したがって、図8の場合と同様、この接続点に第1の制御信号線2をさらに接続しても、高周波的には影響がない。さらに、高周波信号線1a bはキャパシタ42から線路長 $\lambda/4$ の高インピーダンス $\lambda/4$ 線路41を経て接続されているので、高周波信号線1a bからフィルタ40側をみたときのインピーダンスは無有限大 ($\infty\Omega$)、つまり高周波信号線1a bからフィルタ40側に高周波信号RFが流れない状態となる。ここで説明したフィルタ40もバイアスティーの一種であり、帯域阻止フィルタとして動作する。

【0053】次に、第1の高周波信号阻止手段4の第3構成例について説明する。図10はこの第3構成例を示す図であり、図10(A)は回路図、図10(B), (C)は平面図である。図10(A)に示すように第1の高周波信号阻止手段4として、インダクタンス素子からなるフィルタ50を使用することもできる。より具体的には、図10(B)に示すスパイラルインダクタ5

1、および図10(C)に示すミアンダラインインダクタ52などを使用できる。これら誘導性の回路素子は、直流～低周波数では低インピーダンスであるが、高周波数では高インピーダンスを示すので、低域通過フィルタとして動作する。ただし、カットオフ周波数は、高周波信号RFの周波数よりも低く設定される。

【0054】このような分布定数素子だけでなく、コイルなどの集中定数素子を外付けして利用してもよい。なお、低域通過フィルタとしては、特性インピーダンスの異なる線路を多段縦続接続して構成したフィルタなど、他のタイプのフィルタも利用できる。

【0055】次に、第1の高周波信号阻止手段4の第4構成例について説明する。図11はこの第4構成例を示す図であり、図11(A)は回路図、図11(B)は平面図である。図11(A)に示すように、第1の高周波信号阻止手段4として抵抗素子61を第1の制御信号線2に直列に挿入して、高周波信号RFの流入を阻止することもできる。

【0056】抵抗素子61のインピーダンスの値は、高周波信号線1a、1bの特性インピーダンスの2倍以上であればよいが、概ね20倍以上に設定されることが望ましい。すなわち、高周波信号線1a、1bの特性が一般的な50Ωであれば、抵抗素子61のインピーダンスは概ね1kΩ以上に決められる。このように抵抗素子61のインピーダンスを決めることにより、高周波信号線1a、1bと整合がとれなくなるので、第1の制御信号線2への高周波信号RFの漏洩を抑制できる。

【0057】この抵抗素子61の作成には、例えば真空蒸着法またはスパッタ法により薄膜抵抗素子を形成する方法、半導体n層またはn⁺層を流用する方法などを利用できる。第1の制御信号線2への高周波信号RFの漏洩を防止するために図8～図10に示したフィルタ30、40、50を追加するとマイクロマシンスイッチの全体寸法が大きくなるが、図11に示した抵抗素子61を利用することにより全体寸法を大きくすることなく上記の目的を達成できる。なお、図12に示すように抵抗素子61を第1の制御信号線2に並列に接続（つまり、抵抗素子61の一端を第1の制御信号線2に接続するとともに、他端を開放）しても、共振の発生防止には有効である。

【0058】以上の図7～図12では図1に示したマイクロマシンスイッチに第1の高周波信号阻止手段4を適用した例を示したが、図6に示したマイクロマシンスイッチに第1の高周波信号阻止手段4を適用しても同様に効果が得られる。

【0059】（第3の実施の形態）図13は本発明によるマイクロマシンスイッチの第3の実施の形態の構成を示す回路図である。図13に示したマイクロマシンスイッチは、図7に示したマイクロマシンスイッチのカンチレバー11を、高周波信号線1b、第2の高周波信号阻

止手段4aおよび第2の制御信号線2aを介して接地したものである。ここで、第2の高周波信号阻止手段4aは、第1の高周波信号阻止手段4と同じく、高周波信号RFの通過を阻止するものである。

【0060】このようにしてカンチレバー11を接地することにより、高周波信号線1abへの電圧印加開始時にはカンチレバー11に静電誘導により発生する電荷を素早く充電でき、電圧印加停止時には蓄積された電荷を素早く放電できる。したがって、マイクロマシンスイッチのスイッチング動作が安定するとともに、スイッチング速度が速くなる。このとき、高周波信号RFの通過を阻止する第2の高周波信号阻止手段4aが第2の制御信号線2aに接続されているので、高周波信号線1bから第2の制御信号線2aへ高周波信号RFは漏洩しない。したがって、挿入損失の増加や高周波特性の劣化といった問題は生じない。

【0061】第2の高周波信号阻止手段4aとしては、第1の高周波信号阻止手段4に使用されるフィルタ30、40、50および抵抗素子61を利用できる。図14に第2の高周波信号阻止手段4aをフィルタ30と同様のフィルタ30aで構成したときの例を示している。高インピーダンスλ/4線路31aは高インピーダンスλ/4線路31に相当し、高インピーダンスλ/4線路31aの一端は高周波信号線1bに接続されている。また、低インピーダンスλ/4線路32aは低インピーダンスλ/4線路32に相当し、低インピーダンスλ/4線路32aの一端は高インピーダンスλ/4線路31aの他端に接続され、低インピーダンスλ/4線路32aの他端は開放されている。さらに、線路31aと32aの接続点33aは、第2の制御信号線2aを介して接地3aに接続されている。

【0062】また、図15に第2の高周波信号阻止手段4aを抵抗素子61と同様の抵抗素子61aで構成したときの例を示している。抵抗素子61aは、接地3aに接続された第2の制御信号線2aに直列に挿入されている。

【0063】ただし、第1、第2の高周波信号阻止手段4、4aをとともにフィルタ40と同様の構成とすれば、第1、第2の高周波信号阻止手段4、4aの構成を簡略化できる。図16は第1、第2の高周波信号阻止手段4、4aの両方をフィルタ40と同様の構成としたときのマイクロマシンスイッチの構成図であり、図16

(A)は回路図、図16(B)は平面図である。このマイクロマシンスイッチは、図16(B)に示すように、図9(B)に示したマイクロマシンスイッチの高周波信号線1bを高インピーダンスλ/4線路41aで接地電極43aに接続するだけで構成できる。ここで、高インピーダンスλ/4線路41aは、高周波信号線1abと電極44とを接続する高インピーダンスλ/4線路41と同様の構成をしている。

【0064】図16(A)において、高インピーダンス $\lambda/4$ 線路(第1の高インピーダンス線路)41と、キャパシタ42と、接地43とにより第1の高周波信号阻止手段4が構成される。また、高インピーダンス $\lambda/4$ 線路(第2の高インピーダンス線路)41aを接地43に接続することにより第2の高周波信号阻止手段4aが構成される。このように第1、第2の高周波信号阻止手段4、4aの間で構成部品を共用することにより、マイクロマシンスイッチを小型化できる。

【0065】図14~図16では第1の高周波信号阻止手段4の構成と第2の高周波信号阻止手段4aの構成とが同じ組み合わせである場合を示したが、これらが異なる組み合わせであってもよい。また、図示しないが、図6に示したマイクロマシンスイッチの高周波信号線1bを第2の制御信号線2aを介して接地して、この接地した第2の制御信号線2aに第2の高周波信号阻止手段4aを接続するようにしてもよい。

【0066】(第4の実施の形態)図17は本発明によるマイクロマシンスイッチの第4の実施の形態の構成を示す回路図である。図17において図13と同一部分には同一符号を付し、その説明を適宜省略する。図17に示したマイクロマシンスイッチは、図13に示したマイクロマシンスイッチにおける高周波信号線1bの途中にキャパシタ15aを形成し、この高周波信号線1bの端部とキャパシタ15aとの間(すなわち、高周波信号線1ba)に第2の高周波信号阻止手段4aおよび第2の制御信号線2aを介して定電圧源3bを接続したものである。

【0067】ここで、キャパシタ15aは高周波信号線1a側のキャパシタ15と同様に、例えば高周波信号線1baと1bbとを上下に重ね合わせ、その間にSiO₂などの絶縁膜を介挿することにより構成される。このキャパシタ15aは、高周波信号線1bbに接続された他のマイクロ波回路(図示せず)を高周波信号線1baから直流的に絶縁する第3の絶縁手段としての機能を有している。したがって、高周波信号線1bbに接続された他のマイクロ波回路に含まれる結合コンデンサなどを、第3の絶縁手段として利用してもよい。また、高周波信号線1bが開放されている場合、高周波信号線1bの開放端は前記した第3の絶縁手段に含まれる。

【0068】このキャパシタ15aとカンチレバー11に形成された絶縁膜14とにより、高周波信号線1baは高周波信号線1a、1bb、さらには高周波信号線1a、1bbに接続された他のマイクロ波回路(図示せず)と直流的に絶縁される。このため、高周波信号線1baの直流電圧レベルは後述する定電圧源3bの出力電圧レベルに保持される。

【0069】定電圧源3bの出力電圧は、制御装置3から出力される制御信号と逆の極性を有している。すなわち、制御信号が正電圧のON/OFFからなる場合、定

電圧源3bからは負の定電圧が出力される。ただし、カンチレバー11は制御信号に基づいて動作しなければならないので、定電圧源3bの出力電圧はそれ単独ではカンチレバー11が動作しない程度の電圧に設定される。図1で40Vの制御信号で動作するように設計されたカンチレバー11に対しては、定電圧源3bの出力電圧を例えば-20V程度とする。

【0070】このように、カンチレバー11にあらかじめ所定の電圧をかけておけば、制御信号の電圧の大きさを小さくできる。上記の例では、制御信号として20VのON/OFF信号を高周波信号線1abに印加することにより、カンチレバー11を動作させることができる。制御信号として大きい電圧を印加すると、サージが発生したり、電圧の高速変化に基づくノイズが顕著になる場合がある。しかし、図17に示したマイクロマシンスイッチでは制御信号の電圧の大きさを小さくできるので、このような問題を解決できる。なお、第1および第2の高周波信号阻止手段4、4aについては、第1および第2の実施の形態と同様に構成できる。

【0071】(第5の実施の形態)本発明によるマイクロマシンスイッチは、他の配線とともにマイクロマシンスイッチを基板10上に形成してもよいし、マイクロマシンスイッチの構成の一部または全部をチップ化してこれを基板10に搭載・実装することによりマイクロ波回路(またはミリ波回路)を形成してもよい。ここでチップ化とは、単位回路を半導体プロセスなどにより別基板上に多数一括形成して単位回路ごとに切り出し、さらに基板10に搭載・実装するための加工を施すことをいう。

【0072】図18はマイクロマシンスイッチをチップ化したものを基板10に実装して図8に示したマイクロマシンスイッチを形成したときの平面図である。図18(A)では、高周波信号線1bの端部1b'と、カンチレバー11と、高周波信号線1abと、キャパシタ15と、高周波信号線1aaの端部1aa'とがチップ化され、チップ71が形成されている。一方、予め基板10上には、高周波信号線1aa、1bの端部を除く部分と、高インピーダンス $\lambda/4$ 線路31と、低インピーダンス $\lambda/4$ 線路32と、第1の制御信号線2とが配線されている。この基板10にチップ71を実装することにより、図8に示したマイクロマシンスイッチと同等の機能を実現できる。

【0073】また、図18(B)では、高周波信号線1bの端部1b'と、カンチレバー11と、高周波信号線1abの端部1ab'とがチップ化され、チップ72が形成されている。一方、予め基板10上には、高周波信号線1aaと、高周波信号線1ab、1bの端部を除く部分と、高インピーダンス $\lambda/4$ 線路31と、低インピーダンス $\lambda/4$ 線路32と、第1の制御信号線2とが配線されている。この基板10にチップ72と、キャパシ

タ 15 としてのチップコンデンサ 73 とを実装することにより、図 8 に示したマイクロマシンスイッチと同等の機能を実現できる。

【0074】図 18 (A), (B) に示したようにマイクロマシンスイッチをチップ化することにより、チップ 71, 72 単体の不良検査を実施できるので、マイクロマシンスイッチが使用される回路全体の歩留まりを向上できるという利点がある。

【0075】(第 6 の実施の形態) 図 1 に示したマイクロマシンスイッチでは、高周波信号線 1a, 1b を容量結合する第 2 の絶縁手段として、アーム 13 の先端部下面と高周波信号線 1a b の端面上面との間に介在する絶縁膜 14, 14a が用いられる。しかし、第 2 の絶縁手段は、これらの絶縁膜 14, 14a を用いなくても構成できる。図 19 は第 2 の絶縁手段の他の構成例を示す平面図である。また、図 20 は通常時の第 2 の絶縁手段の断面図であり、図 20 (A) は図 19 における XXA-XXA' 線方向の断面図、図 20 (B) は図 19 における XXB-XXB' 線方向の断面図である。また、図 21 は導通時の第 2 の絶縁手段の断面図であり、図 21 (A) は図 19 における XXA-XXA' 線方向の断面図、図 21 (B) は図 19 における XXB-XXB' 線方向の断面図である。

【0076】図 19 に示すように、高周波信号線 1a b の端面の両側に高周波信号線 1a b と離間して、突起部 84a, 84b がそれぞれ配置されている。突起部 84a, 84b は図 20 に示すように、高周波信号線 1a b の厚みよりも僅かに厚く（高く）形成されている。突起部 84a, 84b は、誘電体、半導体、導体のいずれで形成されてもよい。一方、高周波信号線 1b の端面にはポスト 82 が形成されており、このポスト 82 の上面にはアーム 83 の基部が固定されている。このアーム 83 は、ポスト 12 の上面から高周波信号線 1a b 端面の上方まで延在している。ただし、アーム 83 は基部よりも先端部の方が幅広となっており、図 19 に示すようにアーム 83 の先端部は突起部 84a, 84b の両方と対向している。

【0077】このような構成において、高周波信号線 1a b とアーム 83 との間に制御信号に基づく吸引力が発生すると、この力によりアーム 83 の先端部は高周波信号線 1a b 側に引き寄せられる。しかし、突起部 84a, 84b がストッパとして機能し、図 22 に示すようにアーム 83 の変位は突起部 84a, 84b の上面で停止する。このとき、高周波信号線 1a b とアーム 83 との間には薄い空気層 84 が形成される。この空気層 84 が介在することにより高周波信号線 1a b とアーム 83 とは直流的に絶縁されるが、空気層 84 の厚みは十分薄いので高周波信号線 1a b とアーム 83 とは高周波的に結合される。

【0078】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によるマイ

クロマシンスイッチは、第 1 の高周波信号線の端部にカンチレバーを固定設置するとともに、いずれかの高周波信号線に制御信号を直接印加してカンチレバーの動作を制御する。これにより、簡単な構造のマイクロマシンスイッチを実現できる。また、高周波信号線に流れる高周波信号の通過を阻止する第 1 の高周波信号阻止手段を第 1 の制御信号線に接続することにより、高周波信号線から第 1 の制御信号線への高周波信号の漏洩を防止できる。したがって、マイクロマシンスイッチの挿入損失を低減できる。また、第 1 の制御信号線から他の高周波信号線への電磁的結合を防止できるので、マイクロマシンスイッチが使用される回路の高周波特性を改善できる。

【0079】また、制御信号が印加されない方の高周波信号線に第 2 の制御信号線を接続し、この第 2 の制御信号線を介して電荷の充放電を行うことにより、スイッチング動作が安定するとともに、スイッチング速度が速くなる。このとき、高周波信号線に流れる高周波信号の通過を阻止する第 2 の高周波信号阻止手段を第 2 の制御信号線に接続することにより、高周波信号線から第 2 の制御信号線への高周波信号の漏洩を防止できる。したがって、挿入損失の増加や高周波特性の劣化といった問題は生じない。また、第 1 および第 2 の高周波信号阻止手段とともにキャパシタを用いたバイアスティーで構成する場合、構成部品を共用することにより、構成を簡略化できる。

【0080】また、制御信号が印加されない方の高周波信号線に第 2 の制御信号線を接続し、制御信号とは逆の極性の電圧をかけておくことにより、制御信号の電圧の大きさを小さくできるので、サージおよびノイズの発生を抑制できる。このとき、高周波信号線に流れる高周波信号の通過を阻止する第 2 の高周波信号阻止手段を第 2 の制御信号線に接続することにより、挿入損失の増加や高周波特性の劣化といった問題は生じない。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明によるマイクロマシンスイッチの第 1 の実施の形態の構成図である。

【図 2】 第 2 の絶縁手段の変形例を示す断面図である。

【図 3】 図 1 に示したマイクロマシンスイッチの変形例を示す回路図である。

【図 4】 図 1 に示したマイクロマシンスイッチを製造する際の主要な工程を示す断面図である。

【図 5】 図 4 に引き続く工程を示す断面図である。

【図 6】 図 1 に示したマイクロマシンスイッチの変形例を示す断面図である。

【図 7】 本発明によるマイクロマシンスイッチの第 2 の実施の形態の構成を示す回路図である。

【図 8】 第 1 の高周波信号阻止手段の第 1 構成例を示す図である。

【図 9】 第 1 の高周波信号阻止手段の第 2 構成例を示

す図である。

【図10】 第1の高周波信号阻止手段の第3構成例を示す図である。

【図11】 第1の高周波信号阻止手段の第4構成例を示す図である。

【図12】 第1の高周波信号阻止手段の第5構成例を示す図である。

【図13】 本発明によるマイクロマシンスイッチの第3の実施の形態の構成を示す回路図である。

【図14】 第1、第2の高周波信号阻止手段の両方をフィルタ30と同様の構成としたときのマイクロマシンスイッチの構成図である。

【図15】 第1、第2の高周波信号阻止手段の両方を抵抗素子61と同様の構成としたときのマイクロマシンスイッチの構成図である。

【図16】 第1、第2の高周波信号阻止手段の両方をフィルタ40と同様の構成としたときのマイクロマシンスイッチの構成図である。

【図17】 本発明によるマイクロマシンスイッチの第4の実施の形態の構成を示す回路図である。

【図18】 マイクロマシンスイッチをチップ化したものを基板に実装して図8に示したマイクロマシンスイッチを形成したときの平面図である。

【図19】 第2の絶縁手段の他の構成例を示す平面図である。

*【図20】 図19に示した第2の絶縁手段の通常時の断面図である。

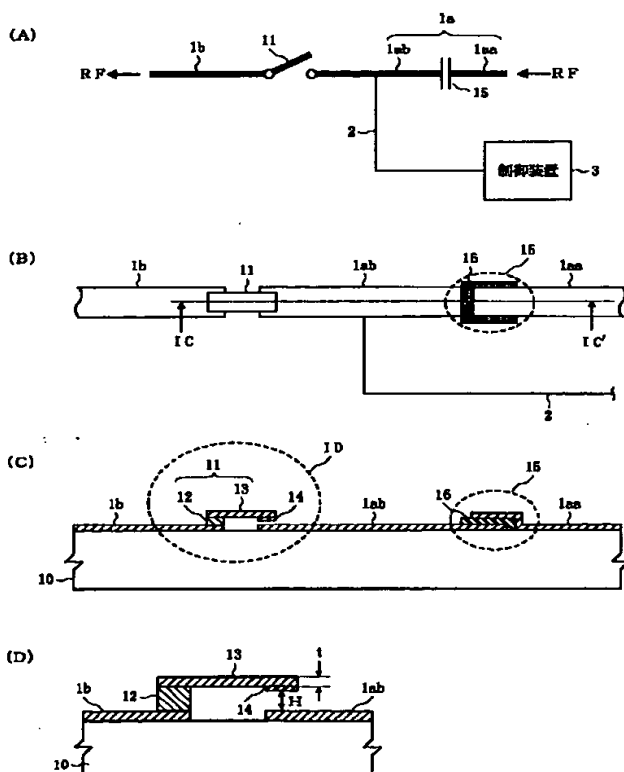
【図21】 図19に示した第2の絶縁手段の導通時の断面図である。

【図22】 従来のマイクロマシンスイッチの構成図である。

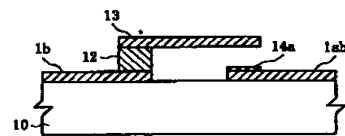
【符号の説明】

1a, 1aa, 1ab, 1b, 1ba, 1bb…高周波信号線、1aa', 1ab', 1b'…端部、2…第1の制御信号線、2a…信号線、3…制御装置、3a, 43…接地、3a…定電圧源、4…第1の高周波信号阻止手段、4a…第2の高周波信号阻止手段、10…基板、11, 11a, 81…カンチレバー、12, 12a, 82…ポスト、13, 13a, 83…アーム、14, 14a, 16, 24, 45…絶縁膜、15, 15a, 42…キャパシタ、21…レジストパターン、21a…溝、22…金属膜、23…犠牲層、30, 40, 50…フィルタ、31, 31a, 41, 41a…高インピーダンス $\lambda/4$ 線路、32, 32a…低インピーダンス $\lambda/4$ 線路、33, 33a…接続点、43a, 44…電極、51…スパイラルインダクタ、52…ミアンダラインインダクタ、61, 61a…抵抗素子、71, 72…チップ、73…チップコンデンサ、84…空気層、84a, 84b…突起部、91…マイクロ波回路。

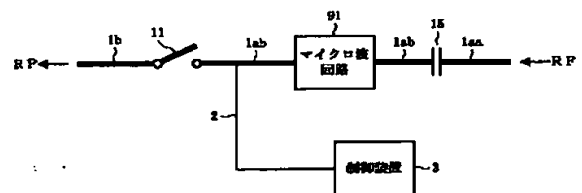
【図1】



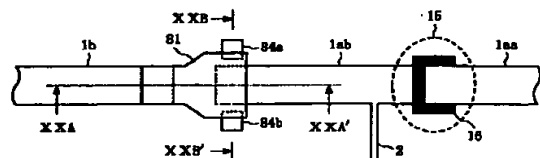
【図2】



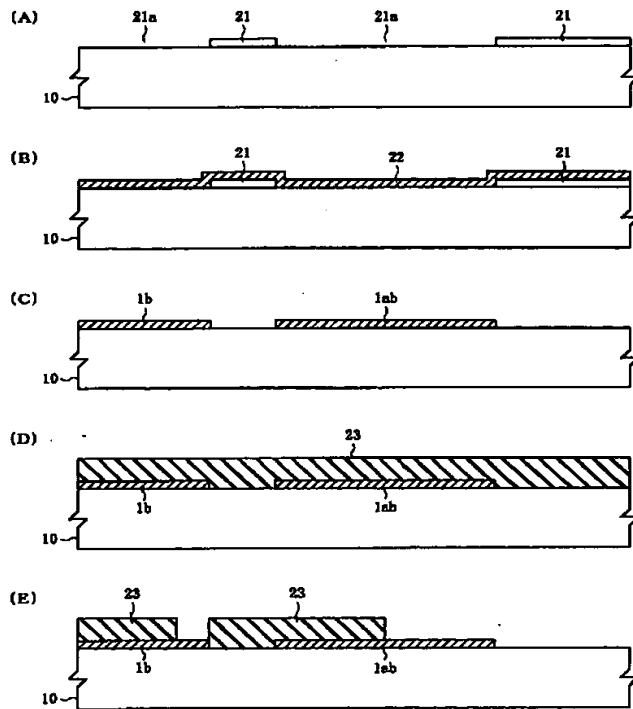
【図3】



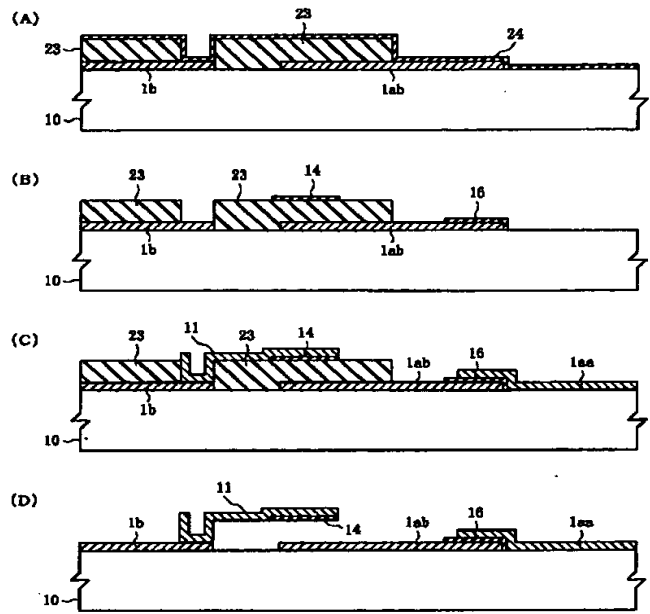
【図19】



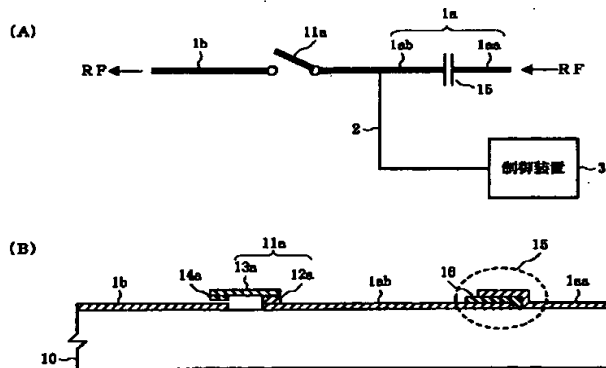
【図4】



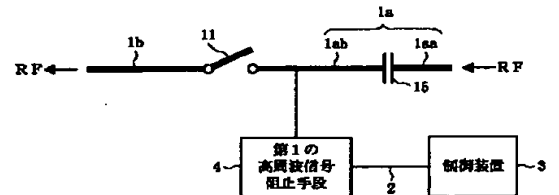
【図5】



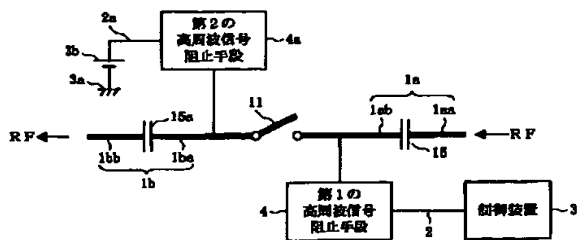
【図6】



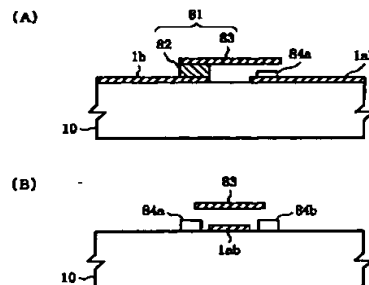
【図7】



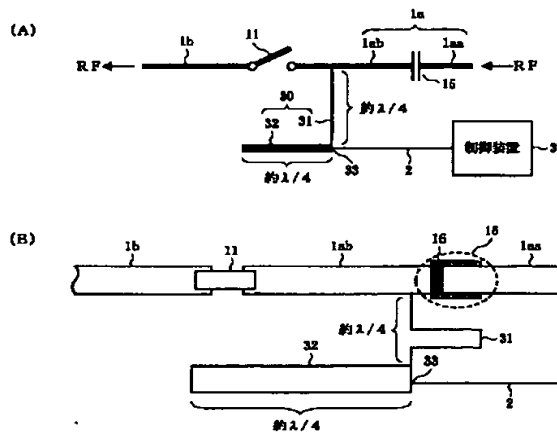
【図17】



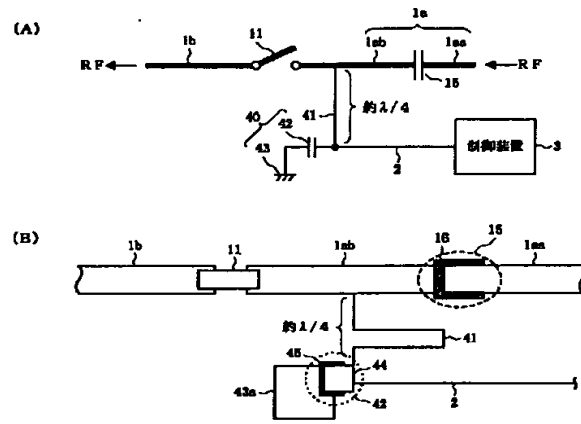
【図20】



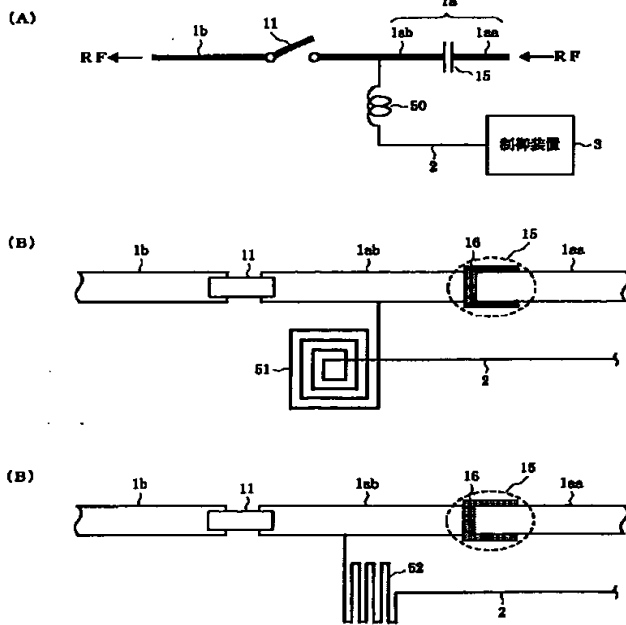
【図 8】



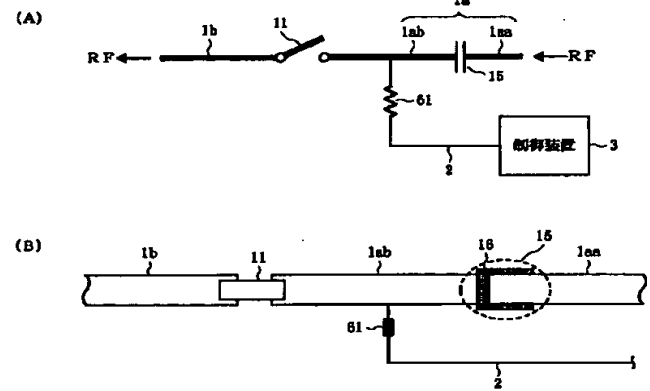
【図 9】



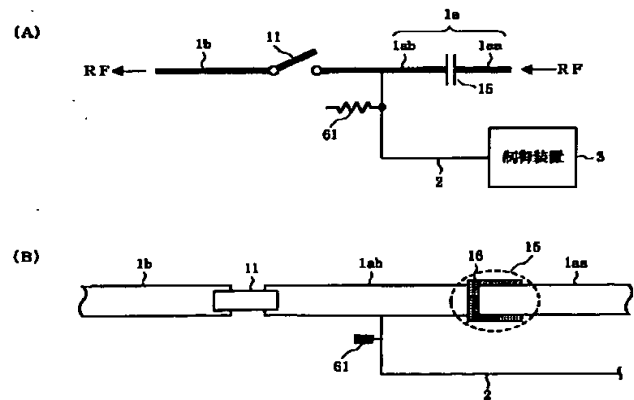
【図 10】



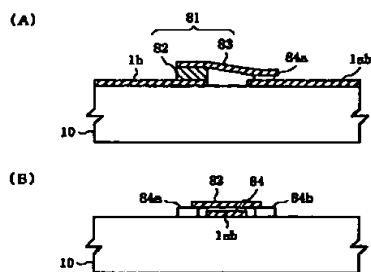
【図 11】



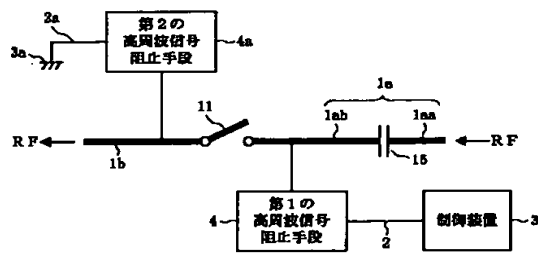
【図 12】



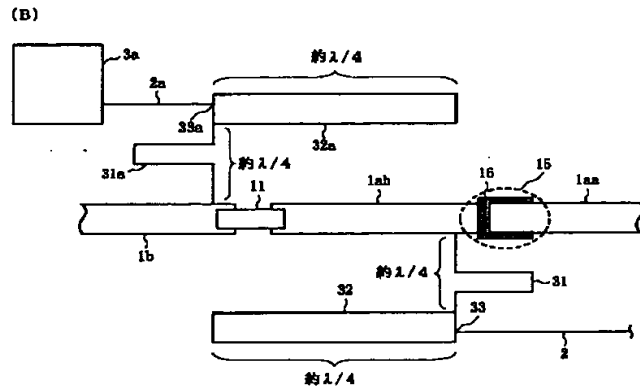
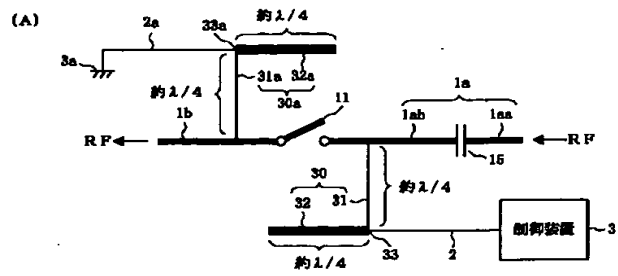
【図 21】



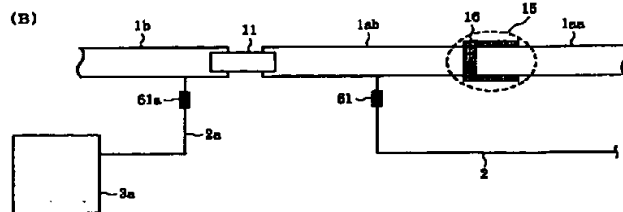
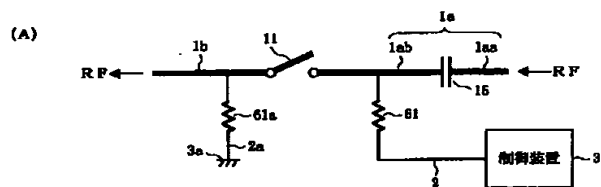
【図13】



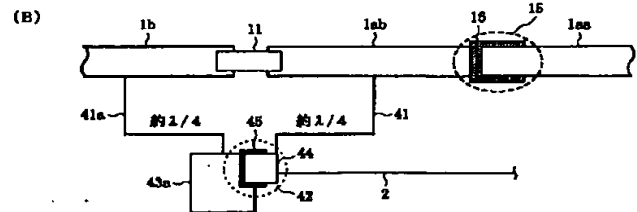
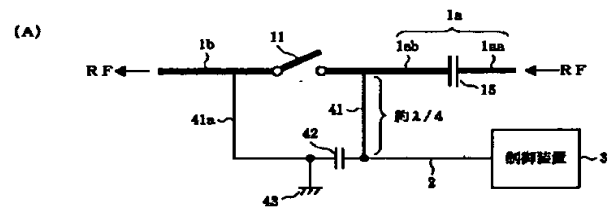
【図14】



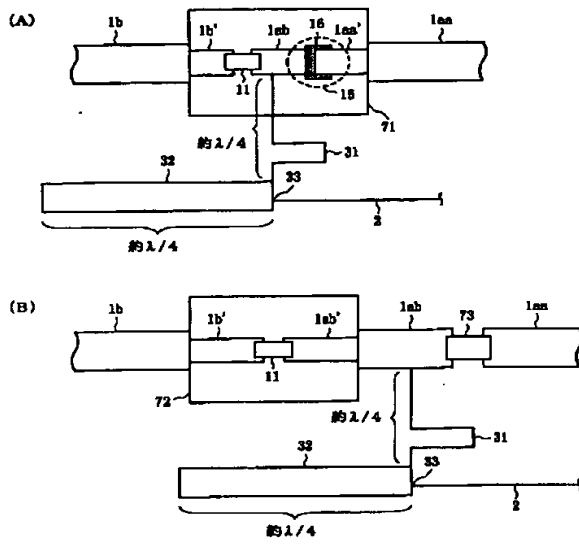
【図15】



【図16】



【図 18】



【図 22】

